GAMTAMOKSLINIS UGDYMAS BENDROJO UGDYMO MOKYKLOJE – 2021 /
NATURAL SCIENCE EDUCATION IN A COMPREHENSIVE SCHOOL – 2021
ISSN 2335-8408

NEFORMALUS GAMTAMOKSLINIS UGDYMAS: METEORITAI KAIP INFORMACIJOS IŠ KOSMOSO ŠALTINIS

Eugenija Rudnickaitė
Vilniaus universitetas, Lietuva
El. paštas: *eugenija.rudnickaite@gf.vu.lt*

Įvadas

Vis aktyviau vykdant tyrimus kosmose ir meteoritais į Žemę „atgabenama“ informacija intensyviau tiriama įvairių sričių mokslininkų. Tobulėjantys tyrimo metodai ir seniau nukritusiuose meteorituose leidžia surasti vis naujų, mokslui iki šiol nežinotų faktų.

Pasitaiko, jog žurnalistai mokslininkų paskelbtus naujausius tyrimų rezultatus interpretuoja, kaip galutinai įrodytus ir neginčijamus nekreipdami dėmesio, kad tai tik prielaida. Tik rezultatas, paremtas šiuo metu turimais duomenimis. Ne visi atradimai patvirtinami vėlesniais tikslesniais papildomais tyrimais, todėl svarbu sekti mokslo naujienas ir atsirinkti tikrus faktus.

Šio straipsnio tikslas:

● pateikti mokslui svarbiausių meteoritų susistemintus tyrimų rezultatus;

● mokytojai šią informaciją galėtų panaudoti integruodami į biologijos, gamtos ir žmogaus, chemijos, pasaulio pažinimo, geografijos ir kitus dalykus.

Vilniaus universiteto Geologijos muziejuje tarp kitų kolekcijų yra sukaupta ir moksliniu požiūriu unikali meteoritų kolekcija, kuri puikiai tinka edukacijai, geomokslinio pažinimo skleidimui, neformaliam gamtamoksliniam ugdymui (Rudnickaitė, 2006a; 2006b; 2007; 2012; 2013; 2021; ir kiti).

Kas yra kas. Intensyvėjant kosmoso bei iš jo atskriejusių meteoritų tyrimams, surandama naujų mokslui faktų. Jiems įvardinti kuriami nauji terminai. Kai kurie terminai skamba panašiai. Aiškumo dėlei pateikiame svarbiausiųjų apibrėžimus:

meteoroidas [gr. *meteoron* – atmosferos reiškinys + gr. *eidos* – pavidalas] – tarpplanetinėje erdvėje skriejantis kietasis kūnas: kometos ar asteroido liekana, kurių skersmuo gali būti nuo kelių μm iki kelių šimtų metrų. Įskriejęs į Žemės atmosferą meteoroidas virsta meteoru, o nukritęs ant jos paviršiaus – meteoritu;

meteoras [gr. *meteoron* – atmosferos reiškinys, dangaus kūnas] – meteoroido, įskriejusio į Žemės atmosferą kosminiu greičiu (11–75 km/s), įkaitusių kietųjų dalelių švytėjimas. Didesnės masės (>10 g) ryškiai švytintis (>4 ryškio matyti ir dieną) meteoroidas vadinamas bolidu [gr. *bolis* (kilm. *bolidos*) – svaidomoji ietis];

meteoritas (E.F.F. Chladni, 1974) – meteoroido, nukritusio ant Žemės (ar kito kosminio kūno) paviršiaus, kietosios medžiagos apsilydęs gabalas (EGTŽ, 2009).

planetesimãlės [angl. *planetesimal* < *planet* – planeta + (infinti) *esimal* – nykstamas dydis], astr. hipotetinės* kietos dalelės; manoma, kad iš daug planetesimãlių galėjo susidaryti planetos. [**dabar jau rasta realių tokių dalelių – ER*] **protoplaneta** yra didelis planetinis embrionas, kilęs iš protoplanetinio disko ir vidinio lydymosi,

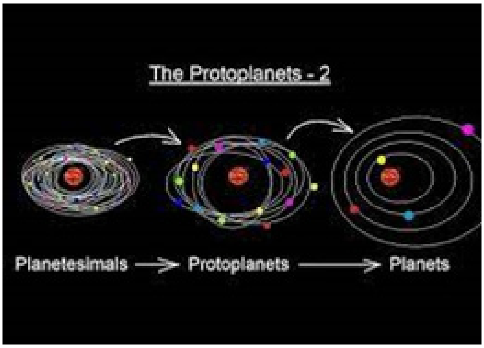
 https://doi.org/10.48127/gu/21.27.58

ISSN 2335-8408

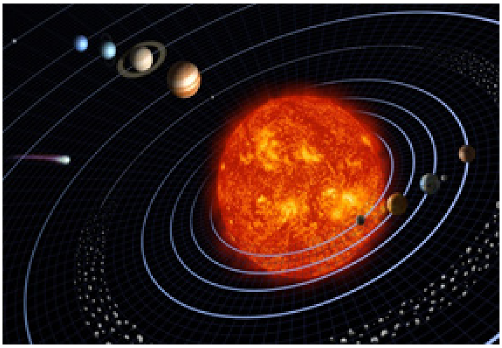
sukuriančio diferencijuotą sandarą. Manoma, kad protoplanetos susidaro iš kilometrų dydžio planetasimalių, kurios gravitaciniu būdu trikdo viena kitos orbitas ir susiduria, palaipsniui susiliedamos į dominuojančias planetas.

1 paveikslas
Nuo planetasimalių iki Saulės sistemos planetų

A



B



A – Planetesimalių evoliucionavimo į protoplanetas ir planetas schema (iš Astronomy – Ch. 8. Origin of the Solar system...); B – Saulės sistemos planetų išsidėstymo schema (iš https:// lt.wikipedia.org/wiki/ Vaizdas:Solar_sys2.jpg)

Mokslui svarbios informacijos į Žemę atgabenę žinomiausi meteoritai

Murčisono meteoritas (angl. Murchison meteorite) – anglini**ų** chondritų klasės meteoritas, 1969 m. nukritęs netoli Murčisono miestelio Australijoje. Tai vienas iš labiausiai ištirtų meteoritų dėl stebėto kritimo ir didelės masės (surinkta virš 100 kg).

2 paveikslas
Murčisono meteorito individualus egzempliorius



(iš https://lt.wikipedia.org/wiki/Murcisono_meteoritas)

ISSN 2335-8408

Gausu organinių junginių – aptikta daugiau kaip 100 amino rūgščių ir kt. Įrodyta, kad dalis junginių tikrai yra nežemiškos kilmės, todėl tai parodo, kad dauguma organinių junginių, kurie yra gyvybės Žemėje komponentai, egzistavo ankstyvoje Saulės sistemoje ir galėjo vaidinti lemiamą vaidmenį gyvybės atsiradime (Martins et. al., 2008).

Seniausios dulkių smiltelės susiformavo žvaigždėse, užgimusiose dar gerokai prieš susiformuojant mūsų Saulės sistemai.

Žvaigždėms mirus, jose susiformuojančios dalelės pasklinda kosmose. Šios dalelės vėliau tampa naujų žvaigždžių, planetų, mėnulių ir meteoritų dalimi. „Jos yra kieti žvaigždžių pavyzdžiai, tikros žvaigždžių dulkės“, – sako pagrindinis tyrimo autorius iš Čikagos universiteto Philippas Heckas (Heck et al., 2020). „Žvaigždžių dulkes“ sunku rasti, nes jų yra tik maždaug 5-uose į Žemę nukritusių meteoritų procentuose.

Siekdami nustatyti dalelių amžių, mokslininkai išmatavo, kaip ilgai kosmose jas veikė kosminiai spinduliai. Šie spinduliai yra didelės energijos dalelės, keliaujančios per mūsų galaktiką ir įsismelkiančios į tvirtas medžiagas.

Dalis šių spindulių reaguoja į medžiagas, su kuriomis susiduria, ir formuoja naujus elementus. Kuo ilgiau vyksta tas poveikis, tuo daugiau susiformuoja tokių elementų. Mokslininkai panaudojo neono izotopą – Ne-21, padėjusį nustatyti gautų smiltelių amžių.

Išmatavę naujų elementų kiekį, mokslininkai galėjo nustatyti, kaip ilgai smiltelės buvo veikiamos kosminių spindulių. Ir taip sužinojo, kokio amžiaus yra tos dalelės.

Pasirodo, kai kurios dar prieš Saulės sistemos susiformavimą susidariusios smiltelės buvo seniausios kada nors atrastos Žemėje. Sprendžiant iš to, kiek kosminiai spinduliai veikė smilteles, dauguma jų yra 4,6–4,9 mlrd. metų.

Palyginimui Saulė yra 4,6 mlrd. metų amžiaus, o Žemei yra 4,5 mlrd. metų. Tačiau seniausios rastos dalelės buvo maždaug 7,5 mlrd. metų amžiaus.

„Tik 10 proc. smiltelių yra senesnės nei 5,5 mlrd. metų. 60 proc. sudaro „jaunos“ smiltelės – 4,6–4,9 mlrd. metų, o likusios yra tarp „seniausių ir jauniausių“, t. y. tarp 4,6 ir 7,5 mlrd. metų.

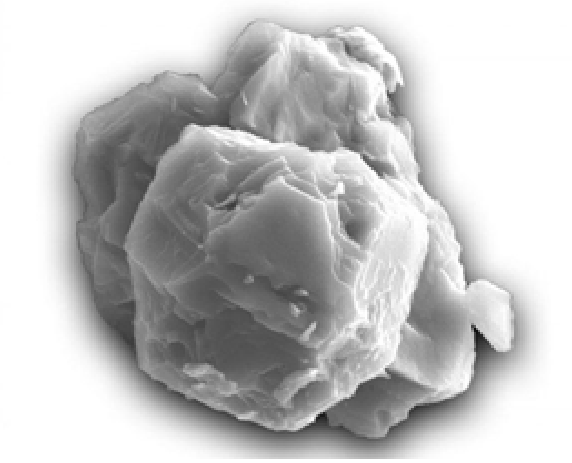
Esu įsitikinęs, kad ne tik Mur**č**isono, bet ir kituose meteorituose yra senesnių dulkeli**ų**, egzistavusių dar prieš Saulės sistemą, tik mes jų dar neradome“ – teig**ė** Philippas Heckas (Heck et al., 2020).

Mokslininkai taip pat nustatė, kad tokios smiltelės kosmose sklendžia sulipusios į darinius, primenančius javainius.

https://doi.org/10.48127/gu/21.27.58

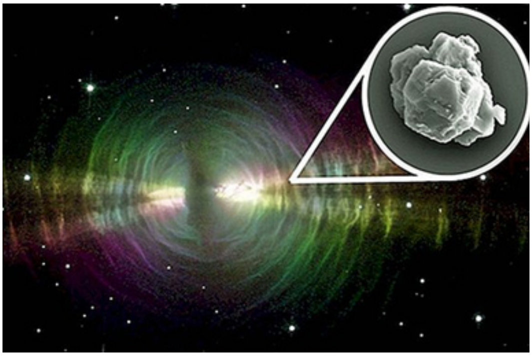
ISSN 2335-8408

3 paveikslas
Priešsaulės grūdo skenuojanti elektroninė mikrografija



Šis pavyzdys yra maždaug 8 mikrometrų ilgio (iš JANAÍNA N. ÁVILA)

4 paveikslas
„Žvaigždžių dulkės" kosmose



Šaltinis: Jos yra sulipusios į darinius, primenančius javainius (iš ESA/HUBBLE/NASA/ JANAÍNA ÁVILA).

Jeigu Didysis sprogimas įvyko prieš 13,8 mlrd. metų, tai mokslininkams jau pavyko rasti „žvaigždžių dulkių" egzistavusių prieš 7,5 mlrd. metų. Meteoritai „atgabeno" jas į Žemę, mokslininkai gali jas tirti tiesiogiai laboratorijose. Tai dar vienas pliusas Saulės sistemos planetų susiformavimo iš kosmoso dulkių hipotezės naudai.

Allendės meteoritas yra didžiausias anglinis chondritas, kada nors rastas Žemėje. 1969 m. vasario 8 d. 01:05 val. ugnies kamuolys buvo matomas virš Meksikos Čihuahua valstijos. Po skilimo atmosferoje buvo atlikta plati gabalų paieška ir rasta daugiau nei 2 tonos meteorito medžiagos. Turint didelius kiekius moksliškai svarbios

ISSN 2335-8408

anglinių chondritų klasės mėginių, daug mokslininkų galėjo atlikti daugybę tyrimų; jis dažnai apibūdinamas kaip „geriausiai ištirtas meteoritas istorijoje“. Allendės meteoritas turi gausius, didelius kalcio aliuminio turinčius inkliuzus (CAI), kurie yra vieni seniausių Saulės sistemoje susiformavusių objektų.

5 paveikslas

Allendės meteorito individualus egzempliorius

A B C



(A)(iš:https://en.wikipedia.org/wiki/Allende_meteorite#/media/File:AllendeMeteorite.jpg) ir chondrulės (B) (iš: ten pat /File:Allende_meteorite.jpg) bei CAI (C)(iš: ten pat /File:Allende_meteorite_slice_ASU.jpg)

Angliniai chondritai sudaro apie 4 procentus visų iš kosmoso nukritusių meteoritų. Iki 1969 m. anglinių chondritų klasė buvo žinoma iš nedaugelio neįprastų meteoritų, tokių kaip Orgueil, kuris nukrito Prancūzijoje 1864 m. Meteoritai, panašūs į Allende, buvo žinomi, tačiau daugelis jų buvo maži ir menkai ištirti. Allende meteorite yra chondrulės, kurių amžius siekia 4,567 milijardo metų (Amelin & Krot, 2007), tai seniausios žinomos Saulės sistemoje susidariusios kietosios medžiagos. Jos yra 30 milijonų metų senesnės už Žemę ir 193 (±6) milijonų metų (Valley, 2014) už seniausią Žemėje žinomą uolieną, taigi Allendės meteoritas atskleidė informaciją apie sąlygas, vyravusias ankstyvojo Saulės sistemos formavimosi metu.

Allendės meteorite nustatytas hemolitinas: meteoritinis baltymas, kuriame yra geležies ir ličio (McGeoch et al., submit. 2020).

Angliniai chondritai, įskaitant Allende, yra patys primityviausi meteoritai ir juose yra pati primityviausia žinoma medžiaga. Jie buvo mažiausiai sumaišyti ir perlydyti nuo ankstyvųjų Saulės sistemos formavimosi etapų. Dėl šios priežasties jų amžius dažnai laikomas Saulės sistemos amžiumi.

Aguas Zarkas – Anglinis chondritas. (CM2) Krito 2019-04-23. Kosta Rica, Aguas Zarkas. Bendra masė: surinkta ~30 kg.

Abs.a. ~4.56 mlrd.m. Turi vandens ir organikos, bet gyvybės ženklų nėra.

 https://doi.org/10.48127/gu/21.27.58

ISSN 2335-8408

6 paveikslas
Aguas Zarkas individualus egzempliorius



Šaltinis: http://encyclopedia-of-meteorites.com/test/69696_38970_3618.jpg

30 kg pirmapradžių Aguas Zarcas liekanų žada ne menkesnį proveržį. Kadangi naujosios nuolaužos yra net 50 metų šviežesnės už Murčisono meteoritą, todėl, pritaikę naujausias technologijas, mokslininkai gali išsaugoti ir ištirti šiuos neapsakomai seno molio gabalėlius. Galbūt jiems pavyks išskirti subtilius organinius komponentus, kurie seniai buvo išgaravę iš Mur**č**isono.

Jie gali pabandyti paieškoti ne vien amino rūgščių ir cukrų, bet ir baltymų, nes jau seniai įtariama, kad jų gali būti meteorituose, tačiau iki šiol taip ir nebuvo rasta.* [* *dabar jau rasta, žr. prie Allendės meteorito*]. O jei dirbs švariai ir atsargiai, gali visiems laikams nutildyti iš Mur**č**isono meteorito gautų atradimų kritikus, teigiančius, kad meteorito sudėtyje rastos molekulės buvo ne kas kita, o kosminį kūną užteršę Žemės mikrobai.

Vinčkombo (Winchcombe) meteoritas – anglinis chondritas – CM2. Stebėtas kritimas 2021 vasario 28 d. (Anglija).

Patvirtintas jo vardas. Meteoritų biuletenio duomenų bazėje **įregistruotas** 2021 birželio 3 d; 2021 spalio 13 d. aprašas papildytas dar atrastais egzemplioriais.

ISSN 2335-8408

7 paveikslas

Vinčkombo (Winchcombe) meteoritas. A; B

A



(iš: http://encyclopedia-of-meteorites.com/test/74388_40006_3948.jpg)

B



(iš https://images.newscientist.com/wp-content/2021/03/08224823/meteorite-right-size.jpg)

Šio meteorito dar laukia intensyvūs moksliniai tyrimai, nors jau dabar aišku, kad staigmenų (teigiama prasme) mokslininkai jame tikrai suras.

 https://doi.org/10.48127/gu/21.27.58

ISSN 2335-8408

Apibendrinimas

Tyrinėdami meteoritus mokslininkai vis daugiau ir daugiau randa duomenų, leidžiančių suprasti procesus vykusius ne tik Saulės sistemoje, bet ir iki jai susidarant. Tai svarbu formuojant pasaulėžiūrą, akcentuojant mokslinių tyrimų svarbą Visatos bei planetos Žemės formavimosi pažinimui.

Meteoritai, jų kritimas visada domino ir domina tiek suaugusius, tiek jaunus žmones. Panaudojant čia pateiktus duomenis, terminus, teiginius galima sukurti daug įdomių klausimų ir užduočių mokiniams įvairių dalykų pamokose: fizikos, astronomijos, chemijos, pasaulio pažinimo, kt.

Būtina tiek save, tiek mokinius pratinti skaityti originalius mokslinių tyrimų straipsnius. Negalima pasikliauti tik žurnalistų pateikiamomis interpretacijomis bei sensacijomis. Jos neretai būna klaidinančios. Labai svarbu mokiniams įdiegti poreikį ieškoti pirminių informacijos šaltinių. Ieškodami jų mokiniai įgys papildomų kompetencijų, išmoks skaityti mokslinius straipsnius, lengviau adaptuosis aukštosiose mokyklose.

Literatūra

Amelin, Y., & Krot, A. (July–August 2007). Pb isotopic age of the Allende chondrules. *Meteoritics & Planetary Science. University of Arizona, 42*(7/8), 1321–1335. https://doi:10.1111/j.1945-5100.2007.tb00577.x.

McGeoch, M. W., Dikler, S., & McGeoch, J. E. M. (2020). Hemolithin: A Meteoritic Protein containing Iron and Lithium. arXiv:2002.11688 [astro-ph.EP] or arXiv:2002.11688v1 [astro-ph.EP]. [Submitted on 22 Feb 2020]. https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2002/2002.11688.pdf

Heck, Ph. R., Greer, J., Kööp, L., Trappitsch, R., Gyngard, F., Busemann, H., Maden, C., Ávila, J. N., Davis, A. M., & Wieler, R. (2020). Lifetimes of interstellar dust from cosmic ray exposure ages of presolar silicon carbide. *PNAS January 28, 2020 117*(4), 1884–1889. https://doi.org/10.1073/pnas.1904573117

Martins, Z., Oliver, B., Marilyn, L., Fogel, M. A., Sephton, D. P., Glavin, J. S., Watson, J. P., Dworkin, A. W., & Schwartz, P. E. (Available online 20 March 2008). Extraterrestrial nucleobases in the Murchison meteorite (PDF). *Earth and Planetary Science Letters,* 270, 130–136. https://doi:10.1016/j.epsl.2008.03.026

Rudnickaitė, E. (2021). History of the meteorite collection at the Museum of Geology of the Vilnius University. In *Abstract book. 46TH International Commission on the History of Geological Sciences (INHIGEO) Symposium Poland* (pp. 51). Poland.

Rudnickaitė, E. (2013). Vilniaus universiteto Geologijos muziejaus meteoritų kolekcijos eksponatų „jubiliejai“: istorinio ir geologinio laiko sandūra. Kn.: *Gamtamokslinis ugdymas bendrojo lavinimo mokykloje - 2013 (XIX nacionalinės mokslinės-praktinės konferencijos straipsnių rinkinys)* (pp. 83–91). SMC "Scientia Educologica".

Rudnickaitė, E. (2012). Vilniaus universiteto Geologijos ir mineralogijos muziejaus meteoritų kolekcija. Kn.: *Profesorius Mykolas Kaveckis – inžinierius, mineralogas, geochemikas.* Vilniaus universitetas; sudarytojas ir mokslinis redaktorius A. Grigelis; sudarytojas Algirdas Gaigalas. (pp. 294–310). VU.

Rudnickaitė, E. (2007). Vilniaus universiteto Geologijos muziejus – neformalaus gamtamokslinio ugdymo materialinė bazė (galimybės, patirtis, problemos). Kn.: *Gamtamokslinis ugdymas bendrojo lavinimo mokykloje – 2007. (XIII nacionalinės mokslinės-praktinės konf. straipsnių rinkinys)* (pp. 109–111). Lucilijus.

Rudnickaitė, E. (2006b). Vilniaus universiteto Geologijos muziejaus prie Geologijos ir mineralogijos katedros meteoritų kolekcija (iš dangaus nukritęs paveldas). *Lietuvos muziejų rinkiniai* Nr. 5. *Konferencijos ,,Etninis paveldas muziejuose" medžiaga* (pp. 70–75). Rumšiškės, Lietuvos liaudies buities muziejus.

Rudnickaitė, E. (2006a). Vilniaus universiteto Geologijos ir mineralogijos muziejaus meteoritų kolekcija [Meteorite collection of the Museum of Geology and Mineralogy of Vilnius University]. *Geologijos akiračiai, 3*, 51–60.

Valley, J. (2014). Hadean age for a post-magma-ocean zircon confirmed by atom-probe tomography. *Nature Geoscience, 7*(3), 219–223. https://doi:10.1038/ngeo2075

Vinčkombo (Winchcombe) meteorito kritimas https://www.newscientist.com/article/2270496-meteorite-recovered-in-the-uk-after-spectacular-fireball-in-the-sky/

Summary

INFORMAL SCIENCE EDUCATION: METEORITES AS A SOURCE OF INFORMATION FROM SPACE

Eugenija Rudnickaitė
Vilnius University, Lithuania

Information about space and meteorites is being activated by scientists in various fields. With the development of research methods, new facts unknown to science from previously fallen meteorites are being found.

Not all findings are supported by more accurate subsequent studies, so it is important to select reliable facts.

The purpose of this article is:

● to present selected research results of meteorites which are important for science;

● Teachers could integrate this information into Biology, Nature & man, Chemistry, Physics, World knowledge, Geography, etc.

Among other collections, the Museum of Geology of Vilnius University has a scientifically unique collection of meteorites, which is excellent for non-formal science education, dissemination of geoscience.

Keywords: meteorite, geology museum, informal science education, Vilnius University

Cite as: Rudnickaitė, E. (2021). Neformalus gamtamokslinis ugdymas: meteoritai kaip informacijos iš kosmoso šaltinis [Informal science education: Meteorites as a source of information from space]. *Gamtamokslinis ugdymas bendrojo ugdymo mokykloje / Natural Science Education in a Comprehensive School*, *27*, 58-66. https://doi.org/10.48127/gu/21.27.58